

# НЕЙРОМЕРЕЖЕВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ СКЛАДОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОФІЛЮ ЛАЗЕРНОГО ПРОМЕНЯ НА БАЗІ ПЕРСЕПТРОННИХ СТРУКТУР

Яровий А. А., Янчик В. Ю., Зарезенко Д. П.  
*Вінницький національний технічний університет,  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
E-mail: axa@initki.vstu.vinnica.ua*

## Вступ

Останнім часом в різних областях техніки все більшого застосування набувають інтелектуальні системи, які дозволяють здійснювати автоматичне коректування спотворень лазерного джерела світлового випромінювання. Особливої актуальності набуває дана проблема для систем світлової навігації з використанням лазерів при розповсюдженні лазерного випромінювання в умовах зі зниженою видимістю в атмосфері; систем точного орієнтування, які дають можливість визначати просторове положення об'єкту, що рухається, у різних метеорологічних умовах; лазерні навігаційні системи, наприклад, для посадки літаків або для провідки судів. А також лазерних систем зв'язку і передачі інформації, локації і дальнометрування, трасування і навігації і т. п., для яких необхідні кількісні дані про вплив атмосфери на параметри лазерного променя, що несе певну корисну інформацію [1,2].

## Постановка задачі

На даний час існує велика кількість груп методів вимірювання профілю лазерного променя, такі як неелектричні методи, електронні методи, методи на основі механічних скануючих пристроїв, на основі спеціалізованих камер (в тому числі CCD). Найбільшого застосування набули методи вимірювання профілю лазерного променя на основі CCD-камер [3].

Обладнання систем профілювання лазерного променя на основі камери містить сучасний комп'ютер, карту механізму захоплення кадру, щоб перетворити сигнал у цифрову форму, а також програмне забезпечення, щоб управляти картою механізму захоплення кадру, показуючи профілі лазерного променя та здійснювати відповідні кількісні обчислення необхідних характеристик, які є складовими профілю. Такі камери як CCD використовуються для хвиль видимого діапазону або піроелектричних хвиль, для інших довжин хвиль використовуються відповідно інші види камер. Таким чином, камера, по суті, є цифровим перетворювачем оптичних сигналів для подальшої їх комп'ютерної обробки. Сучасне програмне забезпечення дає дуже чіткі 2D та 3D зображення лазерної траси (рис. 1), а також виконує надскладні цифрові операції аналізу та подальшого прогнозування відповідних складових характеристик профілю лазерного променя [3,4,5].

В попередніх роботах уже досліджувались окремі проблеми встановлення відповідностей між функцією деформації та геометричними характеристиками 2D зображень профілю лазерного променя, зокрема розробка методів аналізу розкиду геометричних характеристик сигналу лазерної траси та їх відновлення, а також на основі цього розробка апаратно-програмних засобів обробки плямових зображень лазерних пучків у реальному часі з підвищеною точністю вимірювання координат енергетичних центрів, як складових характеристик профілю лазерного променя [5,6,7].



Рис. 1. Високоструктурований лазерний промінь, вимірний за допомогою CCD камери в 2D (а) і 3D (б) форматі

В даній роботі зосереджується увага на дослідженні проблеми прогнозування складових характеристик профілю лазерного променя, а саме прогнозуванні на короткий час координат енергетичних центрів плямових 2D зображень лазерних пучків.

#### Вирішення задачі

На початковій стадії дослідження було обрано перцептронні структури нейронних мереж, а саме багат шаровий перцептрон, оскільки, ця архітектура мережі використовується дослідниками найбільш часто. Можна відзначити, що вона є базовою та достатньою для вирішення багатьох практичних задач, докладно обговорюється майже у всіх підручниках з нейронних мереж [8,9,10].

Принцип роботи: кожний елемент мережі будує зважену суму своїх входів з поправкою у вигляді доданка й потім обчислює цю величину активації через передатну функцію, і в такий спосіб отримують вихідне значення цього елемента. При цьому елементи мережі організовані в пошарову топологію із прямою передачею сигналу. Таку мережу легко можна інтерпретувати як модель „вхід-вихід”, у якій ваги й граничні значення (зсуви) є вільними параметрами моделі.

Варто відзначити, що по суті така мережа може моделювати функцію практично будь-якого ступеня складності, причому число шарів і число елементів у кожному шарі визначають складність функції.

На даний час існує досить багато програмних продуктів для розробки та моделювання нейронних мереж. Одними із досить професійних та потужних програмних продуктів є STATISTICA Neural Networks, а також Excel Neural Package, які використовувались у дослідженнях.

В якості вхідних даних було використано набір координат (X; Y) енергетичних центрів лазерних пучків. Координати було отримано із плямових зображень лазерних пучків, що були отримані експериментальним шляхом (галерея спотворених зображень лазерного пучка – 15 трас по 2044 зображень у кожній). За допомогою пакетів STATISTICA Neural Networks та Excel Neural Package було проведено набір експериментів з різноманітними конфігураціями архітектур багат шарового перцептрона. Дослідження показали, що для отримання короткострокового прогнозу (з дуже малим значенням горизонту прогнозу), а саме на один кадр зображення вперед, цілком достатньо застосування навіть найпростіших архітектур багат шарового перцептрона.

Як мінімально достатній приклад, можна навести згенеровану тришарову нейромережу з архітектурою „12-12-1”. Навчальна вибірка складалась з 132 наборів, з них, 66 наборів тестової вибірки, на яких нейромережа навчалась (за методами

зворотного розповсюдження, швидкого розповсюдження, спряжених градієнтів, Левенберга-Маркара, квазі-Ньютона), та 66 наборів контрольної вибірки, за допомогою яких проводилась перевірка якості навчання. Отримано прогнозовані значення ( $X=57,088$ ;  $Y=63,125$ ), що мають середню похибку 0,73 %. Отже, враховуючи результати, можна зробити висновок, що дана архітектура в достатній мірі може використовуватись для вирішення задачі прогнозування на дуже короткий час координат енергетичних центрів плямових 2D зображень лазерних пучків.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Basov N. G., Zemskov E. M., Kutaev Y. F. et. al. Laser Control of Near Earth Space and Possibilities for Removal of Space Debris from Orbit with Explosive Photo-Dissociation Lasers with Phase Conjugation // Proc. GCL/HPL 98. SPIE Symposium. - St-Petersburg (Russia). - 1998.
2. Ta-Hsin Li, Gibson J. D. Time correlation analysis of a class of nonstationary signals with an application to radar imaging // IEEE Intl. Conf. Acoust., Speech and Signal Proc. (ICASSP97). – Vol 5. – Munich (Germany). – 1997. – P. 3765-3769.
3. Carlos V. Roundy Current Technology of Laser Beam Profile Measurements. – Spiricon. Inc., 2000.
4. Кожем'яко В. П., Тимченко Л.І., Яровий А. А., Зарезенко Д. Програмні засоби реалізації обробки плямових зображень лазерних пучків у реальному часі – Збірник тез доповідей третьої міжнародної науково-технічної конференції “Фотоніка ОДС–2005”, м. Вінниця, 27-28 квітня 2005 року. – Вінниця: „УНІВЕРСУМ-Вінниця”, 2005. – С. 92-93.
5. Кожем'яко В. П., Тимченко Л.І., Яровий А. А. Методологічні підходи до паралельно-ієрархічної обробки плямових зображень лазерних пучків та їх прикладна реалізація // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2006. – № 1 (11). – С. 14-25.
6. V. P. Kozhemyako, L. I. Timchenko, Yu. F. Kutaev, A. A. Gertsy, A. A. Yarovyuy, N. I. Kokryatskaya, N. P. Grebenyuk, O. A. Poplavskyy Analysis of the methodological approaches in connection with the problem solving of extrapolation of object trajectory // Proceedings of SPIE, Volume 5175, 2003. – p. 222-236.
7. L. Timchenko, Yu. Kutaev, V. Kozhemyako, A. Gertsy, A. Yarovyuy, N. Kokryatskaya Method for Processing of Extended Laser Paths Images // Advances in Electrical and Computer Engineering – “Stefan cel Mare” University of Suceava, Romania – Volume 3 (10), Number 2 (20), 2003, p. 66-78.
8. Muller B., Reinhardt J. Neural Networks. An introduction. – Berlin: Springer-Verlag, 1991. – 266 p.
9. Ф. Уоссермен Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика. – М.: Мир, 1992. – 237 с.
10. Круглов В. В., Борисов В. В. Искусственные нейронные сети: теория и практика.-М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 382 с.